

Министерство образования и науки РФ
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Институт физики

В.М. Безменов

Картографо-геодезическое обеспечение кадастра
Конспект лекций

Казань 2014

Безменов В.М

Картографо-геодезическое обеспечение кадастра .Конспект лекций /
Безменов В.М.; Казанский (Приволжский) федеральный университет.
– Казань. – 39 с

Аннотация

Предлагаемые лекции предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование», «Землеустройство и кадастры» и по специальности «Астрономогеодезия». Лекции ориентированы на образование будущих специалистов в области геодезии, картографии и кадастра, на будущих кадастровых инженеров.

В курсе рассматриваются важные составляющие кадастровой деятельности: картографическое и геодезическое обеспечение кадастра, проблема определения площади земельного участка, точность определения площади и точность определения геодезических координат граничных точек участка, связь между точностью определения координат и точностью определения площади и конечной стоимостью участка.

Электронная версия курса: <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=1005>

© Казанский федеральный университет

© Безменов В.М.

Направление подготовки:

120100: Геодезия и дистанционное зондирование (профиль: «космическая геодезия и навигация») (бакалавриат, 4 курс, 7 семестр; очное обучение)

Дисциплина: «Картографо-геодезическое обеспечение кадастра».

Количество часов: 108 (в том числе: лекции - 0, практические занятия - 0, лабораторные работы – 39, самостоятельная работа - 69; форма контроля: зачет (7-й семестр).

Темы: 1. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра. 2. Системы координат, применяемые в кадастре. 3. Площадь участка, точность определения площади и ее связь с нормативной стоимостью.

Ключевые слова: кадастр, геодезия, картография, топографический план, топографическая карта, кадастровая съемка, кадастровый план, технический план, кадастровая карта, геодезическая система координат, геодезические координаты, геодезическая площадь участка, физическая площадь участка, средняя квадратическая ошибка, относительная ошибка.

Дата начала использования: 1 сентября 2014 г.

Автор - составитель: Безменов Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры астрономии и космической геодезии Института Физики КФУ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лекция 1. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра	6
Введение в проблему	6
Картографо-геодезическое обеспечение кадастра	8
Базовый масштаб кадастровой съёмки	12
<i>Вопросы и задания</i>	14
<i>Список литературы</i>	15
<i>Использованные информационные ресурсы</i>	16
Лекция 2 Системы координат, применяемые при ведении кадастра.	17
Государственные геодезические системы координат	17
Местная система координат	18
Опорные межевые сети	20
<i>Вопросы и задания</i>	21
<i>Список литературы</i>	21
<i>Использованные информационные ресурсы</i>	22
Лекция 3. Площадь земельного участка	23
Физическая и геодезическая площадь земельного участка	23
Оценка точности определения площади земельного участка	26
Ошибка стоимости земельного участка	28
Выводы	33

<i>Вопросы и задания</i>	34
<i>Список литературы</i>	34
<i>Использованные информационные ресурсы</i>	35
Примерные вопросы к зачету	35
Рекомендуемая литература	36
Краткий терминологический словарь	39

ЛЕКЦИЯ 1. КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАДАСТРА.

Аннотация: в лекции рассматриваются понятия: кадастр, картографическое и геодезическое обеспечение кадастра, значение картографо-геодезического обеспечения кадастра при создании и ведении кадастра объектов недвижимости.

Ключевые слова: кадастр, недвижимость, геодезия, картография, топографический план, топографическая карта, кадастровая съемка, базовый масштаб кадастровой съемки.

Методические рекомендации по изучению темы: данной темы рекомендуется начать с усвоения понятия кадастр, что собой представляет кадастр, какие основные компоненты включает в себя кадастр.

**«Чем хуже состояние картографо-
геодезического обеспечения кадастра,
тем дороже стоимость создания и
ведения кадастра»**

Введение в проблему

Определение границы земельного участка, и, в конечном итоге вычисление площади земельного участка является одной из основных задач кадастра объектов недвижимости. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра направлено на решение указанной задачи.

Точность кадастровых работ регламентирована соответствующими нормативными документами. Площадь земельного участка и конечная стоимость земельного участка связаны между собой. Вполне очевидно, что с увеличением стоимости земель должны возрастать требования к точности определения координат точек границы участка. Поэтому, важно понимать:

- каким образом связаны между собой точностные характеристики координат точек границы участка и стоимость земель;
- как стоимость земель может повлиять на точность работ по координированию граничных точек.

Имеется два подхода к обоснованию точности определения положения поворотных точек границы земельных участков.

В первом подходе, преобладающим в настоящее время, точность определяется требованиями к точности составления кадастровых планов, и в этом случае просматривается аналог требований руководящих документов по топографическим съёмкам.

Второй подход является экономический и предполагает учёт стоимости земли, размеров платежей за землю в форме арендной платы и земельного налога, которые особенно высоки в городах. Кроме того, необходимо учитывать наличие на территории городов небольших земельных участков, и, как следствие их высокую концентрацию. Как будет показано далее, при одинаковых допусках на положение межевых знаков определение площадей неодинаковых по величине и геометрии участков будет осуществляться с различными относительными ошибками. При существующих допусках на положение межевых знаков желаемой относительной ошибки в определении площади можно и не получить.

Для ценных городских земель необходимо повышение точности определения положения межевых знаков до 1-3см. Считается, что для создания и ведения городского кадастра требуется геодезическая сеть с точностью взаимного положения пунктов порядка 1-2 см .

Повышение точности определения координат поворотных точек границ земельных участков может быть повышена с использованием современных технологий и средств измерений (спутниковая технология, электронные тахеометры и т.д.).

Данная проблема имеет прикладное значение, ее понимание, прежде всего, важно для студентов, осваивающих навыки в области геодезии, картографии и кадастра. На формирование понимания основных аспектов данной проблемы, и направлено данное методическое пособие.

Картографо-геодезическое обеспечение кадастра

Картографо-геодезическое обеспечение кадастра является пространственно-объектным базисом или точнее тем информационным слоем, на который «нанизывается» система данных, имеющих правовой, экономический и другие аспекты пользования землёй. Геодезические измерения служат важнейшим элементом гарантии прав собственности и пользования земельным участком.

Под картографо-геодезическим обеспечением следует понимать наличие картографических материалов соответствующих масштабов и пунктов геодезической сети (пункты триангуляции, полигонометрии, пункты межевой сети и т.п.).

Состояние картографо-геодезического обеспечения в значительной степени определяет экономические и организационные возможности создания и ведения земельного кадастра, кадастра объектов недвижимости в стране. Иными словами, чем хуже картографо-геодезическое обеспечение, тем больше потребуется средств для приведения его в надлежащее состояние с целью ведения кадастра с необходимой эффективностью и детальностью. Состояние картографо-геодезического обеспечения напрямую влияет на качество создания и ведения автоматизированной системы кадастра.

Наличие современного планово-картографического материала необходимых масштабов позволяет решать целый ряд задач:

■ установление границ землепользований, административных границ районов, городской черты и т.д.;

- определение площадей землепользований (с учетом точностных требований вычисления площадей), кадастровых участков и других учётных единиц;
- составление графических приложений к правовым и юридическим документам;
- формирование различной отчётности по использованию земель и т.п.

Наличие развитой геодезической сети (в том числе опорной межевой сети) позволяет решать не только задачу по созданию планово-картографического материала соответствующих масштабов для ведения кадастра, но и производить непосредственно земельно-кадастровые работы (кадастровые съёмки, межевание земель и т.д.).

Соответствующее картографо-геодезическое обеспечение для опорной геодезической сети

ведения кадастра объектов недвижимости может быть создано как методами и средствами ведения наземных съёмок, так и методами аэрокосмических съёмок. Говорить о каких-то особенных требованиях к этим методам применительно к ведению кадастра, в настоящее время не приходится. При производстве этих работ необходимо ориентироваться на инструкции и руководства по конкретным видам топографо-геодезических работ.

Наземные съёмки следует выполнять с применением электронных тахеометров и спутникового геодезического оборудования. Современный электронный тахеометр является сложнейшим, точным измерительным и одновременно вычислительным прибором, позволяющим решать на местности геодезические и землеустроительные задачи. Применение электронных тахеометров наиболее эффективно при крупномасштабном картографировании (топографическом, кадастровом) густо застроенных (городских) территорий, а так же небольших населенных пунктов.

Ошибка в положении контурной точки, полученной из непосредственных измерений на местности, определяется в основном ошибкой линейных измерений и вычисляется по формуле:

$$m_l = \sqrt{m_l^2 + (m_\beta'' / \rho)^2 \cdot l^2}, \quad (1)$$

где m_l -- средняя квадратическая ошибка определения расстояния,

m_β'' -- средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов, l -- длина стороны участка, $\rho = 206265$ -- число секунд в радиане. Например, для тахеометра с параметрами $m_l = 3$ мм и $m_\beta'' = 9''$ при расстоянии $l = 100$ м получим $m_l = 0.005$ м. Таким образом, при условии координирования поворотных точек границы земельного участка с одной точки (станции) можно получить достаточно высокую точность в определении площади.

При отсутствии необходимого планово-картографического материала, в качестве такового, могут быть использованы материалы аэрофотосъёмки, в частности ортофотопланы. Известно, что материалы аэрофотосъёмки отличаются большой объективностью и отражают реальное состояние сфотографированной местности и положение на ней объектов недвижимости.

По точностным требованиям аэрофотосъёмка удовлетворяет требованиям крупномасштабных съёмок М1:2000, М1:500 и требованиям о точках пограничных линий в городских районах. Точность определения плановых координат составляет 3-5 см. Такая точность достигается при построении и уравнивании фототриангуляции. При этом, конечно, граничные точки должны быть чётко опознаваемы на снимках. С этой целью будет вполне оправдано (и прежде всего для особо ценных земель) предварительное заложение граничных знаков и их соответствующая маркировка на местности. Аэрофотосъёмка является эффективным средством в определении координат значительного числа межевых знаков границ землепользований

при кадастровом картографировании густо застроенных территорий больших городов.

Применение аэрофотосъемки, позволяет существенно уменьшить объемы геодезических работ, имеющих место при выполнении кадастровой съемки наземными средствами и методами. В этом случае остаются лишь работы по координированию опорных точек, необходимых для обработки снимков. Работы по координированию опорных точек могут быть эффективно выполнены либо с применением спутникового геодезического оборудования. Границы землепользований могут быть предварительно выявлены по результатам камерального дешифрирования и окончательно установлены в результате полевого дешифрирования. Доля полевого дешифрирования может быть уменьшена при увеличении масштаба фотографирования. Крупномасштабную аэрофотосъемку (масштаб 1:5000) целесообразно выполнять только для городов, поселков городского типа и пригородных зон с применением соответствующих фотографических камер и летательных аппаратов.

Современный этап развития кадастра характеризуется созданием автоматизированных информационных систем, которые позволяют поддерживать кадастровые данные в необходимом современном состоянии и осуществлять кадастровый мониторинг территории. Опыт ряда стран -- Германия, США, Испания Польша и т.д., показывает, что эффективной компонентой подобной системы является аэрофотосъёмка.

Очевидно, что только оптимальное сочетание современных методов и технологий наземной съёмки (включая и спутниковые технологии) с современными достижениями фотограмметрии позволит достичь максимальной экономической эффективности при ведении кадастра объектов недвижимости в целом и при выполнении кадастровой съёмки в частности.

Базовый масштаб кадастровой съемки

С термином кадастр неразрывно связан термин "кадастровая съемка". В англоязычных странах -- cadastre survey. Кадастровая съемка означает "съемку границ участков недвижимой собственности".

Материалы земельного кадастра используются для решения различных социально-экономических задач и естественно должны удовлетворять определенным требованиям. Основными из этих требований, как известно, являются: точность, достоверность, полнота, наглядность, доступность и удобство восприятия.

Точность материалов земельного кадастра определяется многими критериями:

- для планово-картографических материалов -- масштабом кадастровых планов и карт, средней квадратической ошибкой измерений и т.д.;
- для документов -- средней квадратической ошибкой значений количественных характеристик (например, площадь и ошибка с которой она определена).

В принципе, топографические планы и карты должны быть основным источником получения данных для создания кадастровых планов и карт.

Отсутствие необходимого планово-картографического материала при ведении кадастра в конечном итоге требует выполнение кадастровой съемки соответствующей точности. В качестве критерия точности планово-картографического материала во многих странах принят базовый масштаб кадастровой съемки. **Под базовым масштабом кадастровой съемки понимают требования к совокупности работ по сбору и обработке кадастровых данных достаточные для оптимального составления планово-картографического материала кадастра в любом масштабе.**

Поэтому, теоретически, если исходить из аналогии понятия масштаба в топографии, а это вполне оправдано тем, что необходимость кадастровой съемки возникает при отсутствии материалов топографической съемки требуемого масштаба, то базовым масштабом кадастровой съемки следует считать наиболее крупный масштаб, т.е. масштаб 1:500, поскольку, именно в процессе съемки в этом масштабе можно получить данные достаточные для составления топографических планов всего масштабного ряда.

На практике выбор базового масштаба будет зависеть от многих факторов и прежде всего:

- от реально сложившейся обстановки по топографо-геодезическому обеспечению;
- от финансовых возможностей и результатов технико-экономического анализа производства съемочных работ по наиболее вероятным масштабам, выбранным в качестве базовых;
- от типа и площади земель (городские земли, сельскохозяйственные земли) и т.д.

Очевидно при ведении кадастра городских земель наиболее приемлемым базовым масштабом кадастровой съемки будет масштаб 1:500. Именно в этом случае можно ожидать, что кадастровые материалы этого масштаба удовлетворят потребителей по точности и содержанию данных городского кадастра. Выбирая в качестве базового масштаба кадастровой съемки масштаб 1:2000 мы можем столкнуться с рядом проблем, связанных с отношением к нему потенциальных потребителей: архитекторов, проектных и изыскательских организаций и т.д. Например, требования, к точности кадастровой съёмки (в городах и населённых пунктах), определяются такими величинами: для длин граничных линий землепользований -- 0.22 - 0.25м.; в положении граничных точек -- 0.10м. Эти требования соответствуют точностным критериям топографического масштаба 1:500.

Тем не менее, решение проблемы оценки точности вычисления площадей позволяет утверждать, что **базовый масштаб кадастровой съемки, ориентированный только на создание планово картографического материала кадастра, в частности кадастровых планов, не может служить интегральным критерием точности сбора кадастровых данных, как это принято в топографии.** Точностных характеристик базового масштаба кадастровой съемки может быть вполне достаточно для графического отображения взаимного расположения землепользований и недостаточно для вычисления площади с требуемой точностью.

Вопросы и задания

1. Кадастр и его назначение .
2. Назовите Три составляющих кадастра.
3. Объясните, что такое картографо-геодезическое обеспечение кадастра?
4. Базовый масштаб кадастровой съемки: что это такое?
5. Объясните: почему от состояния картографо-геодезического обеспечения кадастра зависит состояние кадастра?
6. Объясните: почему базовый масштаб кадастровой съемки не может служить интегральным критерием точности в кадастровых работах?
7. Изучить Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости".
8. Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. N 209-ФЗ "О геодезии и картографии".
9. Изучить материал книги: Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съёмок для проектирования. – М. : Недра, 1976.

10. Подготовить сообщение о кадастре: история кадастра, место и роль кадастра объектов недвижимости в современном обществе.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости" .
2. Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. N 209-ФЗ "О геодезии и картографии".
3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат», 1999.
4. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИГАиК, 2002.
5. Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съёмок для проектирования. – М. : Недра, 1976.
6. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002.
7. Ключин Е.Б., Киселёв М.И., Михелев Д.Ш. и др. Инженерная геодезия. –М.: Высш. шк., 2001.
8. Брынь М.Я. О геодезическом обеспечении кадастра городских земель. Геодезия и картография. №6, 2003.
9. Мировой опыт становления кадастра. Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации №2(4).

10. Сай С.И. Методы и модели управления земельно-имущественным комплексом крупного города. – М.: Фонд развития отечественного книгоиздания им. И.Д. Сытина, РАГС, 2001.
11. Соловьёв М.А. Математическая картография. М.: Недра, 1969.
12. Правила закрепления пунктов спутниковой геодезической сети. М.: ЦНИИГАиК, 2001.
13. Контроль систем GPS. Обзорная информация. М.: ЦНИИГАиК, 1996.
14. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1982.
15. Инженерные изыскания для строительства: СНиП 1.02.07.87. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.

Использованные информационные ресурсы

<http://www.rosreestr.ru>;

www.gisinfo.ru.

ЛЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ВЕДЕНИИ КАДАСТРА

Аннотация: В лекции приводятся сведения о системах координат, применяемых в Российской Федерации при ведении кадастра объектов недвижимости.

Ключевые слова: система координат, геодезическая система координат, опорная межевая сеть, преобразование систем координат.

Методические рекомендации по изучению темы. С целью наиболее эффективного усвоения и понимания темы лекции необходимо обратиться к материалам, поясняющим преобразование геоцентрических систем координат, а так же основным понятиям картографических проекций.

Государственные геодезические системы координата

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации (РФ) №1463 от 28 декабря 2012г. на территории РФ устанавливается следующие государственные системы координат (ГСК):

- «геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) - для использования при осуществлении геодезических и картографических работ»;
- «общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11) - для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач».

Система координат ПЗ-90.11 используется в отечественной глобальной навигационной системе ГЛОНАСС. Условия перехода на ПЗ-90.11 должны быть обеспечены к 1 января 2014 года. Обеспечение создания и эксплуатации геодезических пунктов ГСК- 2011 возложено на Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии.

Фактически, помимо отмеченных систем координат, в настоящее время на территории Российской Федерации используются и другие систем координат:

1. Система координат 1942 года (СК-42). Система координат 1942 года -- единая система геодезических координат и высот для территории СССР была введена 1946г. (Постановление Совета Министров СССР от 7 апреля 1946г. № 960). В основе этой системы координат, находится эллипсоид Красовского. При создании карт в этой системе применяется конформная проекция Гаусса-Крюгера эллипсоида на плоскость.

2. Единая государственная система геодезических координат 1995 года (СК-95) -- установлена постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000г. №568.

3. Система координат 1963 года (СК-63) -- система координат с 3-х градусной зоной.

4. Местные системы координат, например, регионов, городов, в том числе модифицированные системы координат (обозначение осей как у математической системы) для автоматизированных систем (МСКА).

Местная система координат

Местная (условная) система координат (МСК) система координат, устанавливается «...в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации, начало отсчета координат и ориентировка осей координат которой смещены по отношению к началу отсчета координат и ориентировке осей координат единой государственной системы координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ...» (Постановление Правительства РФ от 3 марта 2007 г. N 139 «Об утверждении Правил установления местных систем координат»).

Кадастровые округа могут применять различные системы координат. В каждом кадастровом округе выделяется основная система координат, на основе которой ведётся дежурный кадастровый план (карта) территории соответствующего кадастрового округа. Так, в Республике Татарстан применяется местная система координат МСК-16.

Введение в действие системы координат, например, для субъекта РФ, должно быть всесторонне обосновано и определяться потребностями субъекта РФ происходить с соблюдением установленных на то правил.

Обязательным требованием при установлении местных систем координат является обеспечение возможности перехода от местной системы координат к государственной системе координат, который осуществляется с использованием параметров перехода (ключей).

5. Система координат WGS-84 (World Geodetic System) -- является всемирной системой геодезических параметров Земли 1984 года, используется в глобальной навигационной системе GPS "Navstar".

Перечисленные системы координат, так или иначе, используются и при создании и ведении государственного земельного кадастра, кадастра объектов недвижимости, при производстве земельно-кадастровых работ. Их использование диктуют применяемые технологии, а так же, требования по точности сбора кадастровых данных, в частности, по точности вычисления площадей. Например, практическое применение спутникового геодезического оборудования предполагает использование как ПЗ-90, так и WGS-84. Использование различных систем координат предполагает наличие ключей перехода между этими системами.

Постановлением Правительства Российской Федерации (РФ) №1463 от 28 декабря 2012г. (пункт 2) определено следующее: система геодезических координат 1995 года (СК-95), система геодезических координат 1942 года (СК-42) применяются до 1 января 2017 г.

Опорные межевые сети

Опорная межевая сеть (ОМС—геодезическая сеть специального назначения), создаваемая для координатного обеспечения государственного земельного кадастра, мониторинга земель, землеустройства, установления и других мероприятий по управлению земельным фондом России. Опорная межевая сеть подразделяется на два класса, которые обозначаются ОМС1 и ОМС2. Точность построения ОМС1 и ОМС2 характеризуется средними квадратическими ошибками взаимного положения смежных пунктов:

- не более 0,05 м для ОМС1;
- не более 0,10 метра для ОМС2.

Опорная межевая сеть (ОМС) создаётся когда точность и плотность государственных, городских или иных геодезических сетей не соответствует требованиям основных положений :

ОМС1 -- как правило, в городах для решения задач по установлению (восстановлению) границ городской черты, границ земельных участков и т.п.

ОМС2 – в черте других поселений для решения вышеуказанных задач, на землях сельскохозяйственного назначения и других задач для геодезического обеспечения межевания земельных участков, мониторинга и инвентаризации земель, создания базовых межевых карт (планов) и др.

Геодезической основой для кадастровых съёмок в крупных городах являются геодезические сети (опорные, сгущения, съёмочные, специальные). Плотность геодезической основы для производства крупномасштабных съёмок в городах, прочих населённых пунктах и на промплощадках, согласно инструкции, должна составлять не менее чем до 4 пунктов на 1 км^2 . Как правило, в городах, плотность пунктов геодезической основы превышает нормативные требования.

Точность ОМС1 фактически согласуется с требованиями инструкции к точности пунктов плановой съёмочной сети. В частности, полигонометрия 2-го разряда по точности фактически соответствует ОМС1.

Вопросы и задания:

- 1.Объясните, что такое государственная геодезическая сеть.
- 2.Как закрепляется государственная геодезическая сеть?
- 3.Что такое опорная межевая сеть ?
- 4.Почему необходимо использование местных систем координат?
- 5.Изучить: .Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. N 139, г. Москва. «Об утверждении Правил установления местных систем координат», Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 г., Москва. "О единых государственных системах координат".

Список литературы.

- 1.Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. N 139, г. Москва. «Об утверждении Правил установления местных систем координат».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 г., Москва. "О единых государственных системах координат"
3. Инструкция по межеванию земель. – М.: Роскомзем, 1996.
4. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат», 1999.

5. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИГАиК, 2002.
- 6 . Брынъ М.Я. О геодезическом обеспечении кадастра городских земель. Геодезия и картография. №6, 2003.
7. Соловьёв М.А. Математическая картография. М.: Недра, 1969.
8. Правила закрепления пунктов спутниковой геодезической сети. М.: ЦНИИГАиК, 2001.
9. Контроль систем GPS. Обзорная информация. М.: ЦНИИГАиК, 1996.
10. Единая государственная система геодезических координат 1995 года. М.:ЦНИИГАиК, 2000.
11. Основные положения по созданию опорной межевой сети. М.: Роскомзем, 2002.

Использованные информационные ресурсы:

<http://www.rosreestr.ru>;
www.gisinfo.ru

ЛЕКЦИЯ 3. ПЛОЩАДЬ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА.

Аннотация: В лекции рассматривается задача определения площади земельного участка. Показывается в чем принципиальное отличие физической площади участка от его геодезической площади.

Рассматривается решение задачи определения ошибки стоимости земельного участка в зависимости от ошибки координирования точек границы.

Ключевые слова: физическая площадь участка, рельеф, геодезическая площадь участка, ошибка определения площади участка, относительная ошибка, стоимость земельного участка.

Методические рекомендации по изучению темы: С целью наиболее полного понимания темы рассматриваемой в лекции рекомендуется ознакомиться со следующими нормативными документами: «Инструкция по межеванию земель». – М.: Роскомзем, 1996; «Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства». Федеральная служба земельного кадастра России, 2003г.

Физическая и геодезическая площадь земельного участка

Под земельным участком понимают часть земной поверхности, которая имеет строго фиксированные границы, местоположение, площадь и соответствующий правовой статус. Размер земельного участка характеризуется физической и геодезической площадями.

Физическая площадь. Это площадь земной поверхности в границах участка с учётом неровностей физической поверхности земли: склонов, оврагов, обрывов и т.д. Физическая площадь может быть вычислена по цифровой модели рельефа. Отличие физической площади от геодезической в зависимости от неровностей может составлять 2-5% .

Геодезическая площадь. Эта площадь определяется по геодезическим координатам углов межевых знаков (поворотных точек) границы участка. Математически это есть площадь участка на поверхности проекции (на поверхности Гаусса-Крюгера).

Различие физической S_{ϕ} и геодезической площадей S_{Γ} участка определяется рядом факторов.

Во-первых, углом наклона ω физической поверхности:

$$S_{\Gamma} = \cos \omega \cdot S_{\phi}. \quad (2)$$

Например, при $\omega = 2^{\circ}$ различие площадей составит $\Delta S = 4 \text{ м}^2/\text{га}$, при $\omega = 6^{\circ}$ $\Delta S = 55 \text{ м}^2/\text{га}$.

Во вторых, средней отметкой участка H :

$$S_H = (1 - 2H / R) \cdot S_{\phi}, \quad (3)$$

где R – радиус Земли. Для города Казани различие площадей, обусловленное данным фактором, составит около $0.3 \text{ м}^2/\text{га}$.

В третьих, искажением площади при переходе на плоскость проекции в выбранной системе координат. Геодезическая площадь участка может изменяться в пределах 0.2% в зависимости от выбора осевого меридиана плоскости проекции. Пользователь может работать в местной системе координат, в частности, в городской системе координат, или государственной системе координат. Площадь проекции S_{Π} на поверхности проекции можно вычислить по формуле:

$$S_{\Pi} = (1 + y^2 / 2R^2)^2 \cdot S_{\phi}, \quad (4)$$

где y -- среднее значение ординаты участка.

Ряд значений величины искажения площади участка в зависимости от удаления от осевого меридиана приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Искажения площади участка

Y (км)	25	50	100	150	200	300
ΔS (m^2/ga)	0.16	0.62	2.52	5.66	10.08	22.69

В системе координат где $y < 30$ км искажение площади участков практически отсутствует. Для г. Казани искажение площадей на границе города будут не более $0.06 m^2/ga$. Суммарное искажение площадей для РТ будет составлять (в СК-42) порядка $1800 ga$.

Площадь (геодезическая) земельного участка наиболее точно вычисляется аналитическими методами по координатам межевых знаков (поворотных точек), полученных геодезическим или фотограмметрическими методами. Земельный участок в действительности может иметь сложную форму, т.е. являться многоугольником. Площадь многоугольника можно вычислить по координатам его вершин, пользуясь формулами:

$$\begin{aligned}
 S_r &= \frac{1}{2} \sum X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}), \\
 S_r &= \frac{1}{2} \sum Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}),
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

где X_i, Y_i -- плановые координаты точки.

Оценка точности определения площади земельного участка

Средняя квадратическая ошибка m_s определения площади земельного участка, имеющего прямоугольную форму, вычисляется по формуле [6]:

$$m_s = m_t \sqrt{S} \sqrt{\frac{1 + K^2}{2K}}. \quad (6)$$

Здесь S - площадь земельного участка, $m_t = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ - средняя квадратическая погрешность положения межевого знака (поворотной точки границы), K - коэффициент вытянутости

$$K = \frac{d}{l}, \quad (7)$$

где d - длина участка, l - ширина участка.

При $K=1$ (участок квадратной формы) имеем :

$$m_s = m_t \cdot a, \quad (8)$$

где a - длина стороны квадрата.

Для $K=4$ (участок прямоугольной формы) получим:

$$m_s = 1.46 m_t \sqrt{S}. \quad (9)$$

В общем случае, когда участок имеет произвольную форму, средняя квадратическая ошибка определения площади определяется выражением:

$$m_s = m_t \sqrt{\frac{1}{8} \sum \{(X_{k+1} - X_{k-1})^2 + (Y_{k+1} - Y_{k-1})^2\}}, \quad (10)$$

где m_t - средняя квадратическая погрешность в положении поворотной точки.

Предельное расхождение площадей $\Delta S = S_{\text{ВЫЧ}} - S_{\text{ДОК}}$ ($S_{\text{ВЫЧ}}$ -вычисленная площадь, $S_{\text{ДОК}}$ - площадь по документу) в инструкции по межеванию установлено в размере $2 \cdot m_s$ [6]. В методических рекомендациях по проведению межевания объектов землеустройства указано, что ΔS не должно превышать величины [5]:

$$\Delta S = 3,5 \cdot M_T \cdot \sqrt{S_{\text{ДОК}}}, \quad (11)$$

где $S_{\text{ДОК}}$ в квадратных метрах.

Сравнение показывает, что при одинаковых требованиях к точности определения координат точек границы будут получены фактически равные требования к точности (расхождению) площадей.

Ошибка стоимости земельного участка и её связь с ошибкой координирования точек границы

Пусть известна функция

$$u = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (12)$$

где x_i - параметры функции ($i = 1, 2, \dots, n$), позволяющей выразить в математической форме решение некоторой поставленной задачи. Ошибка данной функции будет зависеть от ошибок $m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}$ входящих в неё аргументов. Для случая, когда аргументы функции f некоррелированы средняя квадратическая ошибка m_u функции определится выражением:

$$m_u = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 m_{x_n}^2}. \quad (13)$$

Величину стоимости C некоторого участка площадью S можно определить формулой

$$C = S \cdot D. \quad (14)$$

В данной формуле под D можно понимать тариф за единицу площади. Величина D будет определяться целым рядом параметров (тарифом за 1 балл бонитета почвы, почвенно-экологическим коэффициентом,

поправочным коэффициентом за местоположение участка, технологическим коэффициентом и т.д.).

Согласно выражения (13), ошибка определения стоимости m_c для некоторого земельного участка площадью S определится следующим выражением:

$$m_c = \sqrt{D^2 m_s^2 + S^2 m_d^2}, \quad (15)$$

где m_s - ошибка вычисления площади, m_d -- ошибка определения тарифа за единицу площади.

Вопрос формирования ошибки m_d выходит за рамки данного методического. Рассмотрим два случая.

Случай 1. Положим, что тариф за единицу площади определён (установлен) безошибочно, т.е. $m_d=0$. В этом случае для определения ошибки стоимости будем иметь простое выражение:

$$m_c = D \cdot m_s. \quad (16)$$

Отсюда следует, что

$$m_s = \frac{m_c}{D}. \quad (17)$$

Последние два выражения очевидны. Естественно, что ошибка стоимости участка, в данном случае, напрямую зависит от ошибки определения

площади. Тем не менее, такой подход способствует определенной строгости и целостности изложения проблемы.

Вводя в рассмотрение относительную ошибку стоимости участка $\delta_c = m_c / C$ и относительную ошибку определения площади участка $\delta_s = m_s / S$ используя выражения (14), (16) можно увидеть, что они равны: $\delta_c = \delta_s = \delta$.

Связь между ошибкой координирования m_t межевых знаков (поворотных точек) и относительной ошибкой стоимости (площади) определится выражениями:

- для участка квадратной формы

$$m_t = \delta \cdot a ; \quad (18)$$

- для участка прямоугольной формы ($K=4$)

$$m_t = 0.685 \cdot \delta \sqrt{S} ; \quad (19)$$

- для участка произвольной формы

$$m_t = \frac{\delta \cdot S}{\sqrt{\frac{1}{8} \sum \{(X_{k-1} - X_{k+1})^2 + (Y_{k-1} - Y_{k+1})^2\}}} , \quad (20)$$

- для случая, представленного формулой (11)

$$m_t = 0.286 \cdot \delta \sqrt{S} . \quad (21)$$

Типовым участком в пределах застроенной территории считается участок с четырьмя поворотными точками площадью 0.020 – 0.060 га . Значение относительной стоимости земельного участка средней величины примем равным 0.05% (1/2000) . В таблице 2 приведены величины ошибок m_t для участков квадратной и прямоугольной формы различной площади для 2-х значений относительной ошибки.

Таблица 2.

Значение ошибки положения точки границы.

Площадь (га)	Форма участка	m_t (м)	
		$\delta = 0.01$ (1%)	$\delta = 0.0005$ (0.05%)
0.010	квадрат ($K=1$)	0.10	0.005
	прямоуг. ($K=4$)	0.07	0.003
	прямоуг. (общ. случ.)	0.07	0.003
		0,03	0,001
0.020	квадрат ($K=1$)	0.14	0.007
	прямоуг. ($K=4$)	0.10	0.005
	прямоуг. (общ. случ.)	0.10	0.005
		0.04	0.002
0.040	квадрат ($K=1$)	0.20	0.010
	прямоуг. ($K=4$)	0.14	0.007
	прямоуг. (общ. случ.)	0.14	0.007
		0.06	0.003
0.060	квадрат ($K=1$)	0.24	0.012
	прямоуг. ($K=4$)	0.17	0.008
	прямоуг. (общ. случ.)	0.17	0.008
		0.07	0.004

0.080	квадрат ($K=1$)	0.28	0.014
	прямоуг. ($K=4$)	0.19	0.012
	прямоуг. (общ. случ.)	0.19	0.012
		0.08	0.004

Средняя квадратическая ошибка положения поворотной точки границы зависит от размеров (площади) участка. Её значение будет увеличиваться или уменьшаться соответственно с увеличением или уменьшением площади при одной и той же величине относительной ошибки определения площади (стоимости). При определённых условиях, в частности при малых площадях и даже небольшой относительной ошибке точность в положении поворотной точки не сможет обеспечить планово-картографический материал крупных масштабов. Даже, например, масштаба 1:500. Это в свою очередь означает, что необходимо выполнение работ по координированию с соответствующей (более высокой, чем это дает плановый материал) точностью.

Случай 2. В наиболее общем случае ошибка определения тарифа за единицу площади отлична от нуля. И можно предположить, что её относительная ошибка равна относительной ошибке определения площади.

Если предположить, что относительная ошибка определения стоимости участка составляет 2-3% ($\delta_c = 0.02 \div 0.03$), то относительная ошибка определения площади получится на уровне 1-1.5% ($\delta_s = 0.01 \div 0.015$). Требуемая точность координирования поворотных точек границы участка небольшой площади, как это видно из таблицы 2, будет обеспечена в рамках существующих инструкций. Если же норматив на ошибку стоимости участка принять равным 0.05% ($\delta_c = 0.0005$), то относительная ошибка определения площади становится равной $\delta_s = 0.00025$. В этом случае, например, для

прямоугольного участка площадью 0.060 га (600м^2) ошибка координирования поворотных точек границы должна быть не хуже 4мм!

Например, кадастровая стоимость земельного участка, расположенного в центре Москвы, площадью около 13 300 кв.м. составляет 1 200 000 000 руб., стоимость 1 кв. м. составит 90 000 руб. Погрешность $\Delta S = S_{DSX} - S_{ДОК}$ между площадью, вычисленной по координатам и площадью по документам составит величину +/- 40,4 кв.м. (11) . В переводе на стоимость получим +/- 3 630 000 руб., или 0,30% от общей стоимости земельного участка. Точность координирования, при этом, должна быть не хуже 0,10м. При относительной ошибке стоимости 0,05%, что будет составлять 600 000 руб. ошибка координирования точек границы участка должна быть не хуже 2 с, а именно - 0,016м.

Выводы

На точность определения координат характерных точек границ земельных участков, их частей влияет их нормативная стоимость.

Для ценных городских земель вполне обоснованным будет применение технологий работ, при которых координаты поворотных точек определялись бы с повышенной точностью. Но чтобы выполнять координирование с высокой точностью, следовательно с высокой точностью определять площадь участка, необходимо уделить внимание проблеме фиксации границы участка на местности.

Вопросы и задания

1. Физическая и геодезическая площади участка: факторы, определяющие их различие между собой.
2. Средняя квадратическая ошибка определения площади: ее вычисление.
3. Как вычисляется относительная ошибка определения площади?
4. Как определяется относительная ошибка стоимости участка ?
5. Сравнить между собой требования, предъявляемые определению площадей, указанных в следующих двух нормативных документах:
«Инструкция по межеванию земель». – М.: Роскомзем, 1996;
«Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства». Федеральная служба земельного кадастра России, 2003г.
6. Определить точность координирования точек границы земельного участка площадью 1000 га если норматив на ошибку стоимости участка принять 0.05%.
7. Определить относительную ошибку определения стоимости участка площадью 1000 га если, точность координирования составляет 3 м.

Список литературы

1. . Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости" .
2. Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. Федеральная служба земельного кадастра России, 2003г.

3. Инструкция по межеванию земель. – М.: Роскомзем, 1996.
4. Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съёмок для проектирования. – М. : Недра, 1976.
5. Дьяков Б.Н. Об оценке точности расчётной стоимости земельного участка. Геодезия и картография. №3, 2001.
6. Брынёв М.Я. О геодезическом обеспечении кадастра городских земель. Геодезия и картография. №6, 2003.
7. Ярмоленко А.С., Парадня П.Ф. Экономический подход к обоснованию точности геодезических работ при межевании земель. Геодезия и картография. № 6, 1999.

Использованные информационные ресурсы:

<http://www.rosreestr.ru>;
www.gisinfo.ru.

Примерные вопросы к зачету:

1. Что такое кадастр объектов недвижимости, в чем его назначение?
2. Назовите и охарактеризуйте три основных составляющих кадастра.
3. Что такое картографо-геодезическое обеспечение кадастра?
4. Дайте определение базового масштаба кадастровой съемки.
5. Может ли базовый масштаб кадастровой съемки являться интегральным критерием точности при ведении кадастра?
6. Что такое физическая и геодезическая площади земельного участка, в чем их отличие?

7. Ошибка определения площади участка: чем она определяется?
8. Объясните от чего зависит ошибка определения стоимости участка?
9. Что такое относительная ошибка определения площади и стоимости земельного участка и как они связаны между собой.?
10. Чем объясняется необходимость использования местных систем координат.
- 11.. Какие государственные геодезические системы координат используются в РФ в настоящее время?
12. Объясните назначение опорной межевой сети.
13. Как вычисляется ошибка определения площади земельного участка.?

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости" .
2. Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. N 209-ФЗ "О геодезии и картографии".
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. N 139, г. Москва. «Об утверждении Правил установления местных систем координат».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 г., Москва. "О единых государственных системах координат"
5. Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. Федеральная служба земельного кадастра России, 2003г.

6. Инструкция по межеванию земель. – М.: Роскомзем, 1996.
7. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: «Картгеоцентр» – Геодезиздат», 1999.
8. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М.: ЦНИИГАиК, 2002.
9. Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съёмок для проектирования. – М. : Недра, 1976.
10. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002.
11. Ключин Е.Б., Киселёв М.И., Михелев Д.Ш. и др. Инженерная геодезия. –М.: Высш. шк., 2001.
12. Дьяков Б.Н. Об оценке точности расчётной стоимости земельного участка. Геодезия и картография. №3, 2001.
13. Брынь М.Я. О геодезическом обеспечении кадастра городских земель. Геодезия и картография. №6, 2003.
15. Мировой опыт становления кадастра. Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации №2(4).
16. Сай С.И. Методы и модели управления земельно-имущественным комплексом крупного города. – М.: Фонд развития отечественного книгоиздания им. И.Д. Сытина, РАГС, 2001.
17. Соловьёв М.А. Математическая картография. М.: Недра, 1969.
18. Правила закрепления пунктов спутниковой геодезической сети. М.:

ЦНИИГАиК, 2001.

19. Контроль систем GPS. Обзорная информация. М.: ЦНИИГАиК, 1996.

20. Единая государственная система геодезических координат 1995 года. М.:ЦНИИГАиК, 2000.

21. Основные положения по созданию опорной межевой сети. М.: Роскомзем, 2002.

22. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1982.

23. Инженерные изыскания для строительства: СНиП 1.02.07.87. –М.: ЦИТП Госстора СССР, 1988.

24. Ярмоленко А.С., Парадня П.Ф. Экономический подход к обоснованию точности геодезических работ при межевании земель. Геодезия и картография. № 6, 1999.

25. Безменов В.М. Теоретические основы определения параметров преобразования пространственных геоцентрических систем координат. Методические указания. Казань: Казанский государственный университет, 32008. – 24с.

Краткий терминологический словарь

Картографо-геодезическое обеспечение -- совокупность картографических материалов соответствующих масштабов и пунктов геодезической сети (триангуляции, полигонометрии, межевой сети и т.п.).

Физическая площадь. -- площадь земной поверхности в границах участка с учётом неровностей физической поверхности земли: склонов, оврагов, обрывов и т.д. Физическая площадь может быть вычислена по цифровой модели рельефа.

Геодезическая площадь – площадь, определяемая по геодезическим координатам поворотных точек (межевых знаков) границы участка.

Местная система координат – система прямоугольных геодезических координат, вводимая на ограниченной территории (субъект РФ, город, населенный пункт).

Геодезический пункт – точка, особым образом закрепленная на местности.

Опорная межевая сеть (ОМС) — геодезическая сеть специального назначения, создаваемая для координатного обеспечения государственного земельного кадастра, мониторинга земель, землеустройства, установления границ и других мероприятий по управлению земельным фондом России.

Кадастровая съемка -- съемка границ участков недвижимой собственности..

Базовый масштаб кадастровой съемки -- требования к совокупности работ по сбору и обработке кадастровых данных, достаточные для оптимального составления планово-картографического материала кадастра в любом масштабе.